

О. В. Періг
О. А. Костіков
О. В. Ларічкін
О. М. Стадник

МОЖЛИВОСТІ JMODELICA.ORG ЯК ОСВІТНЬОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ

Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА), Краматорськ, Україна

Анотація

Розглянуті можливості пакету JModelica.org для розв'язку задачі оптимальної швидкодії на прикладі динамічної системи «стріловий кран-вантаж».

Ключові слова: JModelica.org, моделювання, оптимальне керування, динамічна система, інженерна освіта.

Abstract

JModelica.org possibilities for optimal performance problem solution for dynamic system "boom crane-payload" are observed.

Keywords: JModelica.org, modeling, optimal control, dynamic system, engineering education.

Вступ

Рішення задач оптимального керування для динамічних систем було та залишається однією з актуальних проблем математики, техніки, а також в інженерно-фізичній освіті [1]. Задачі такого роду зустрічаються при розрахунку траєкторій космічних кораблів, при керуванні виробничими процесами, наприклад, при розв'язанні задач кранової динаміки [1], та в інших галузях людської діяльності. Такі задачі вимагають від студентів знань у різних галузях теоретичної механіки, теорії оптимального керування, розрахункової техніки.

Важливим елементом сучасної освіти, який сприяє кращому розумінню студентами матеріалу, є демонстрація результатів математичного моделювання, які є результатами розв'язку практичних задач, а їх інтерпретація є для студентів достатньо зрозумілою [1]. Використання спеціальних відкритих програмних пакетів дозволяє прискорити шлях від формулювання задачі до отримання практичних результатів. Навчання студентів навичкам використання відповідних інструментів математичного моделювання буде сприяти якісному засвоєнню складного матеріалу.

Метою роботи є навчання студентів старших курсів практичним методам розв'язку задач оптимального керування для динамічних систем (рис. 1-2). У роботі розглянута задача оптимальної швидкодії для динамічної системи (стріловий кран-вантаж), яка полягає в знаходженні керування, яке забезпечує перенос вантажу із початкового положення в кінцеве з урахуванням обмежень на амплітуду його розгойдування (рис. 1-2).

Результати моделювання

Для розв'язання задачі знаходження оптимального керування переміщенням вантажу (рис. 1-2), яке забезпечує переніс вантажу за мінімальний час із початкового положення в кінцеве з урахуванням обмежень на його розгойдування, застосовується відкритий та безкоштовний програмний продукт JModelica.org. із розширенням Optimica, яке дозволяє розв'язувати задачі оптимального керування. Ця система дозволяє природним шляхом записати математичну постановку задачі. Наприклад, для завдання виду мінімізаційного функціоналу в Optimica використовується запис

Optimization <<ім'я моделі>> (objective=finalTime, startTime=0, finalTime (free=true, min=1, max=45, initialGuess=6))

Цей запис означає, що необхідно мінімізувати час процесу при обмеженнях на мінімальний і максимальний час.

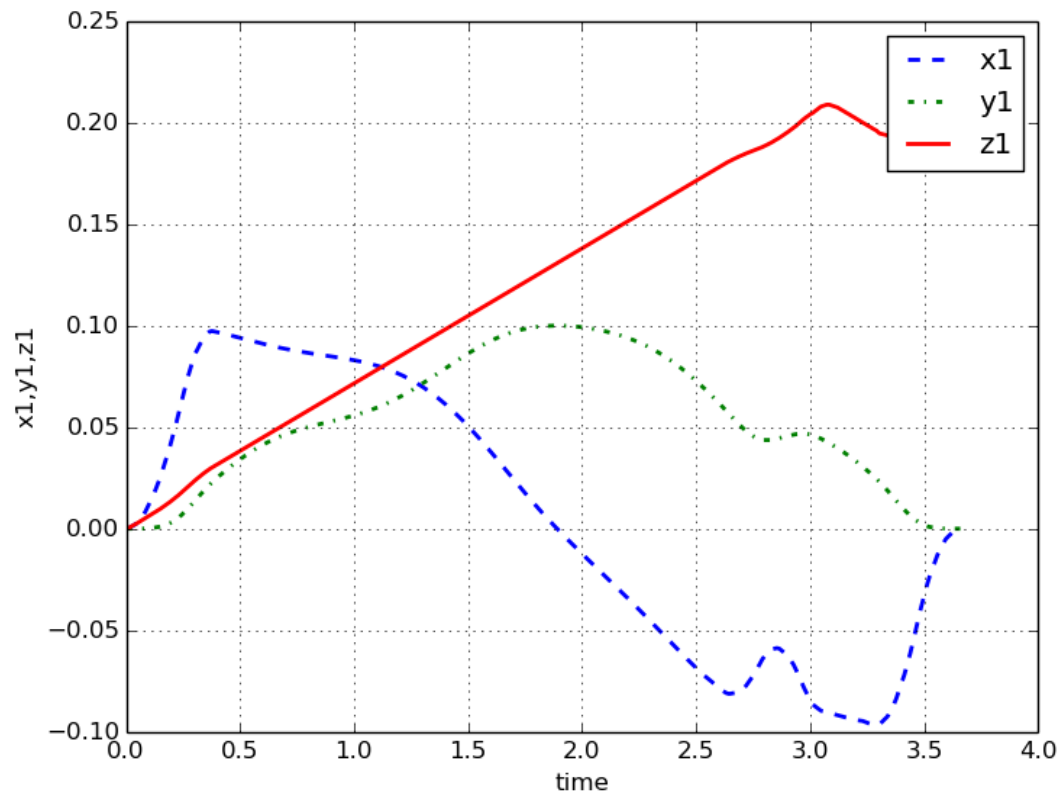


Рис. 1. Залежності відносних координат [м] розгойдуваного вантажу від часу руху динамічної системи [с]

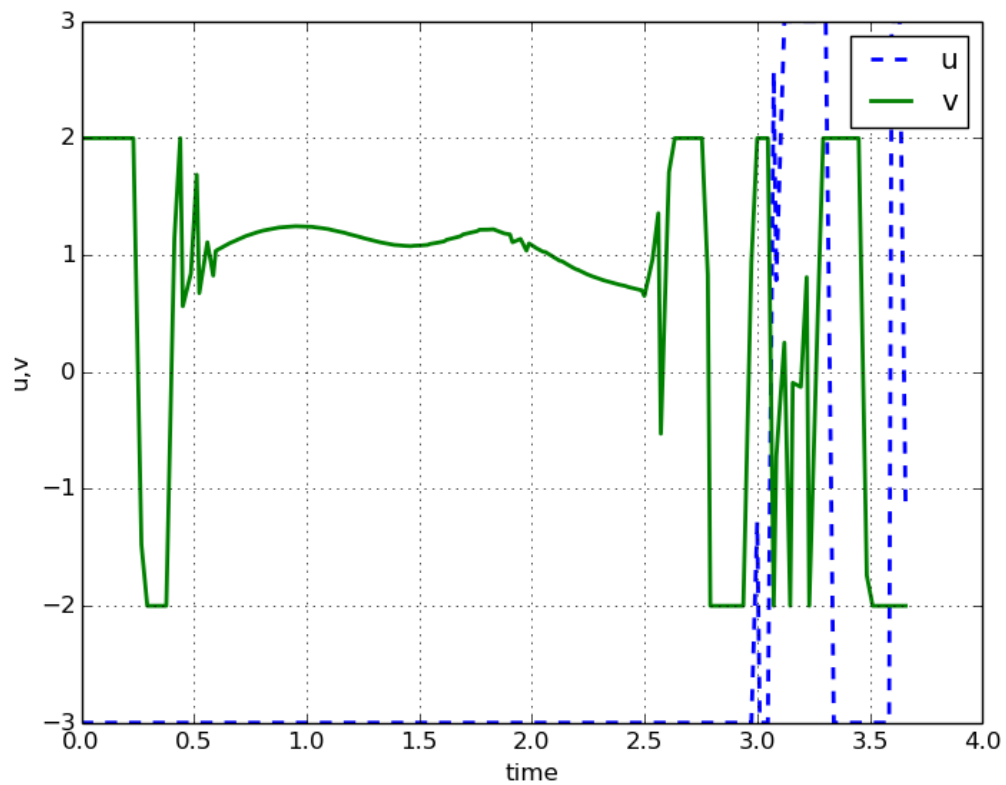


Рис. 2. Залежності регулювальних моментів керування [В] від часу руху динамічної системи [с]

Для завдання обмежень використовуються блоки «Equations» і «Constraints». У блоці «Equations» задаються диференційні й алгебраїчні рівняння, що описують динамічну систему, а в блоці «Constraints» задаються обмеження на фазові (рис. 1) й керуючі (рис. 2) змінні. Наприклад, у даному випадку (рис. 1-2) для того, щоб обмежити амплітуду розгойдування вантажу, в блоці «Constraints» використовуються обмеження

$$x1^2 + y1^2 \leq \varepsilon \quad (1)$$

де $x1$, $y1$ – відносні координати вантажу в рухомій системі координат, що пов'язана з кінцем стріли крану; ε – максимальна допустима величина розгойдування вантажу.

Цей запис майже не відрізняється від природного математичного запису. Диференційні рівняння (ДР) також записуються у вигляді, близькому до математичного. Наприклад, запис $der(l) = lt$ означає математичний запис рівняння $dl/dt = lt$, що є інтуїтивно зрозумілим. Таким чином, запис оптимізаційної задачі в підсистемі Optimica є інтуїтивно зрозумілим для математика.

Модель записується у файлі з розширенням *.mor. Цей файл викликається з окремого файлу з розширенням *.py. Виклик здійснюється за допомогою команд

```
<<ім'я класу>>=transfer_optimization_problem (<<ім'я моделі>>, <<ім'я файлу *.mor>>)  
<<масив результатів>>=<<ім'я класу>>.optimize()
```

У результаті виклику методу «optimize» знаходяться значення фазових і керуючих змінних, що являють собою рішення оптимізаційної задачі. Також у файлі з розширенням *.py використовуючи засоби графічної бібліотеки Python можна побудувати графіки розв'язку. У даному випадку були отримані наступні результати (рис. 1-2).

Висновки

Показано, що широке дидактичне використання відкритого пакету JModelica.org в учбовому процесі технічного та класичного університетів дозволить облегшити студентам та викладачам розв'язок задач оптимального керування, прискорити отримання результатів моделювання, а також сприяє кращому розумінню студентами методики створення математичних моделей об'єктів і процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Perig A. V. Application of JModelica.org to teaching the fundamentals of Foucault pendulum-like guided systems to engineering students / A. V. Perig, A. A. Kostikov, V. M. Skyrtyach, R. R. Lozun, A. N. Stadnik // Information Technologies and Learning Tools. - 2017. - Т. 62, вип. 6. - С. 151-178. - Режим доступу: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1926>.

Періг Олександр Вікторович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА), Краматорськ, e-mail: olexander.perig@gmail.com

Костіков Олександр Анатолійович – канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри інформатики та інженерної графіки, Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА), Краматорськ, e-mail: alexkst63@gmail.com

Ларічкін Олексій Вікторович – студ. гр. АВП-17-2м, факультет автоматизації машинобуд. й інформаційних технологій, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, e-mail: alexeyviclarichkin@gmail.com

Стадник Олександр Миколайович – старший викладач кафедри технічної механіки, Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА), Краматорськ, e-mail: anstadnik54@gmail.com

Perig Alexander V. – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of Manufacturing Processes and Automation Engineering Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: olexander.perig@gmail.com

Kostikov Alexander A. – Cand. Sc. (Phys.-Math.), Associate Professor of Informatics and Engineering Graphics Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: alexkst63@gmail.com

Larichkin Alexey V. – Student of group AVP-17-2m, Faculty of Machine Automation and Information Technology, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: alexeyviclarichkin@gmail.com

Stadnik Alexander N. – Senior Lecturer of the Department of Technical Mechanics, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: anstadnik54@gmail.com